Document de travail 2000-22 / Working Paper 2000-22

Une analyse empirique du lien entre la productivité et le taux de change réel Canada-É-U

David Dupuis et David Tessier

Banque du Canada Bank of Canada

ISSN 1192-5434

Imprimé au Canada sur du papier recyclé.

101-00800/

Document de travail 2000-22 de la Banque du Canada

Novembre 2000

Une analyse empirique du lien entre la productivité et le taux de change réel Canada-É-U

David Dupuis et David Tessier

Département des Relations internationales
Banque du Canada
Ottawa, Ontario, Canada K1A 0G9
Téléphone : (613) 782-8570
Télécopieur : (613) 782-7658
Courriel : dtessier@bankofcanada.ca

Cette série a pour but de diffuser rapidement les résultats de recherches réalisés à la Banque du Canada Elle vise à stimuler la discussion et à obtenir des suggestions. Les opinions qui y sont exprimées sont celles des auteurs et n'engagent pas la Banque du Canada.

Table des matières

Remerciements iv
Résumé v
Abstract vi
Résumé non technique vii
Résumé technique viii
1. Introduction 1
2. Cadre théorique 2
3. Résultats empiriques 4
4. Conclusion 12
Bibliographie 18
Annexe 20

Remerciements

Nous tenons à remercier Jean-Pierre Aubry, Pierre Duguay, Maxime Fougère, Kevin Clinton, Robert Lafrance, David Laidler, Larry Schembri et Pierre St-Amant pour leurs commentaires et Jason Daw pour la collecte des données.

Résumé

L'écart relatif de productivité entre le Canada et les États-Unis est redevenu ces derniers temps un sujet controversé. Selon certains, une des causes de cet écart relatif serait la dépréciation graduelle qu'enregistre le taux de change depuis plus de 20 ans. Ainsi, la hausse du taux de change rendrait artificiellement les firmes canadiennes plus compétitives, ce qui tendait à diminuer les incitatifs de celles-ci à être plus productives. Notre objectif est d'étudier les liens empiriques entre ces variables afin de voir si cette conjecture se reflète dans les données.

Abstract

The relative productivity gap between Canada and the United States is a controversial subject matter. One argument especially contentious in this debate stems from the belief that the gradual depreciation of the Canadian dollar over the last 20 years has been one of the determinants of the productivity gap. In fact, the exchange rate depreciation seems to have artificially improved Canadian firms' productivity, which tends to inhibit their incentive to better productivity. One of our objectives will be to study the empirical link between these variables in order to determine whether this assumption is verified empirically.

Résumé non technique

L'écart de productivité entre le Canada et les États-Unis fait partie des questions économiques les plus controversées au pays. Le régime de taux de change flexible, dans lequel nous sommes et où nous avons observé une dépréciation de la devise canadienne de 30 % au cours des 25 dernières années, est une des raisons avancées pour expliquer l'évolution de l'écart relatif de la productivité entre le Canada et les États-Unis. Cette hypothèse a été traitée explicitement dans deux études de McCallum (1999, 2000) portant sur le choix d'un régime de taux de change pour le Canada. Une simple analyse de corrélation donne à penser que la dépréciation du taux de change canadien tend à être suivie par une baisse relative de la productivité du secteur canadien de la fabrication dans un délai d'environ deux ans. L'idée à la base de cette observation est que la dépréciation du taux de change favorise la compétitivité des firmes canadiennes face à leurs concurrents internationaux, réduisant ainsi les incitations à l'amélioration de la productivité. Le but de cette étude est de proposer un cadre d'analyse empirique permettant de mesurer le plus adéquatement possible la relation entre le taux de change et la productivité et de montrer ainsi que la relation ci-haut mentionnée ne découle pas d'une simple coïncidence statistique.

Bien qu'*a priori* il nous soit difficile de rejeter l'hypothèse de l'existence d'une influence du taux de change sur la productivité dans un système à deux variables, les résultats montrent qu'une telle analyse est trompeuse dans la mesure où il y a un problème de spécification et qu'un système multivarié est nécessaire à la robustesse des résultats. Le prix relatif des biens non échangeables s'avère à cet effet un élément essentiel. Ainsi, une fois cette variable incluse dans l'ensemble d'informations, les résultats relatifs au lien causal entre le taux de change réel et la productivité permettent de conclure avec plus de force qu'il n'existe pas de relation significative entre ces deux variables. Il est donc faux de prétendre que la plus faible croissance de la productivité au Canada serait due à la dépréciation continuelle du taux de change. Un tel résultat provient essentiellement de l'erreur de spécification inhérente au problème des variables manquantes. Les résultats indiquent de plus que des variables comme la taille de l'État ou le prix des produits de base semblent particulièrement importantes dans l'explication de la dynamique du taux de change réel.

Non technical abstract

The productivity gap between Canada and the United States is one of the most controversial economic issues in the country. The flexible exchange rate regime, under which we have observed a 30 per cent depreciation of the Canadian dollar over the last 25 years, is one of the reasons being advanced to explain the development of the relative productivity gap between Canada and the United States. This hypothesis has been explicitly addressed in two studies by McCallum (1999, 2000) on the choice of an exchange rate regime for Canada. A simple correlation analysis suggests that the depreciation of the nominal Canadian exchange rate tends to be accompanied by a relative decline of productivity in the Canadian manufacturing sector over a period of approximately two years. The intuition on which this observation is based is that exchange rate depreciation facilitates the international competitiveness of Canadian firms and thus tends to inhibit their incentive to improve productivity. The purpose of this article is therefore to propose an empirical analytical framework that allows us to make the best possible measurement of the relation between the exchange rate and productivity, to ensure that this relation is not the result of mere statistical coincidence.

While it is difficult for us to dismiss the effect of a link between the exchange rate and productivity in a bivariate system, the results indicate that such an analysis is misleading to the extent that there is a specification problem: a multivariate system is necessary to produce sound results. The relative price of non-tradable goods proves to be an essential element for this purpose. Once this variable is introduced into the data set, the results applicable to the causal link between the real exchange rate and productivity present more robust results suggesting that these two variables are unrelated. It is therefore erroneous to argue that the slower growth of productivity in Canada is due to the continual depreciation of the exchange rate. Such a result is essentially generated by the misspecification inherent in the problem of missing variables. The results further suggest that variables, such as the size of the government expenditures or commodity prices, may be of particular importance in explaining the real exchange rate dynamic.

1. Introduction

L'écart de productivité[1] entre le Canada et les États-Unis est une des questions économiques les plus controversées au pays. Le régime de taux de change flexibles, dans lequel nous sommes et où nous avons observé une dépréciation de la devise canadienne de 30 % au cours des 25 dernières années, est une des raisons avancées pour expliquer l'évolution de l'écart relatif de la productivité entre le Canada et les États-Unis. Cette hypothèse a été traitée explicitement dans deux études de McCallum (1999, 2000) portant sur le choix d'un régime de taux de change pour le Canada. Une simple analyse de corrélation indique que la dépréciation du taux de change nominal canadien tend à s'accompagner d'une baisse relative de la productivité du secteur canadien de la fabrication dans un délai d'environ deux ans. L'idée à la base de cette observation est que la dépréciation du taux de change favorise la compétitivité des firmes canadiennes face à leurs concurrents internationaux et tend par le fait même à diminuer les incitations à l'amélioration de la productivité[2]. Le but de cette étude est de proposer un cadre d'analyse empirique permettant de mesurer le plus adéquatement possible la relation entre le taux de change et la productivité et de montrer ainsi que cette relation ne découle pas d'une simple coïncidence statistique.

La prochaine section décrit, à la lumière de la théorie économique, les principaux canaux de transmission qui existent entre la productivité et le taux de change. La Section 3 décrit le modèle de Balassa-Samuelson, cadre à l'intérieur duquel sera effectuée l'analyse empirique visant à mesurer les liens entre les diverses variables issues de ce modèle. Bien qu'*a priori* il nous soit difficile de rejeter l'observation de McCallum relative à l'influence du taux de change vers la productivité dans un système bivarié, les résultats montrent qu'une telle analyse est trompeuse dans la mesure où il y a un problème de spécification et qu'un système multivarié est nécessaire à la robustesse des résultats. Le prix relatif des biens non échangeables s'avère ainsi un élément essentiel dans la dynamique du modèle de Balassa-Samuelson. Ainsi, une fois cette variable incluse dans l'ensemble d'informations, les résultats relatifs au lien causal entre le taux de change réel et la productivité permettent de conclure avec plus de force qu'il n'existe pas de relation significative entre ces deux variables, et ce sous différentes spécifications. Une brève conclusion suit à la Section 4.

---

1. Tout au long de ce texte, le terme « productivité » désigne la productivité du travail.
2. Voir Lafrance et Schembri (2000) pour une critique de cette hypothèse.

2. Cadre théorique

Quels sont les divers canaux de transmission proposés par la théorie économique pour expliquer le lien entre la productivité et le taux de change? Balassa (1964) et Samuelson (1964) ont proposé un modèle dans lequel des variations du taux de croissance de la productivité entraînent un changement du prix relatif des biens non échangeables (par rapport aux biens échangeables) et conséquemment du taux de change réel. Cette approche est essentiellement basée sur l'idée que la croissance de la productivité se manifeste de manière inégale entre les divers secteurs de l'économie. En effet, les gains de productivité tendent à affecter dans une plus large mesure le secteur des biens échangeables, tandis que le secteur des biens non échangeables (principalement les services) se caractérise par une productivité relativement stable. On devrait ainsi observer que les pays affichant une hausse soutenue de la productivité (principalement dans le secteur de la fabrication) enregistrent une augmentation du prix relatif des biens non échangeables, de sorte que leur devise a tendance à s'apprécier dans le temps.

Un autre contexte dans lequel un changement de la productivité peut potentiellement se traduire par un ajustement du taux de change réel est celui d'une petite économie ouverte comme le Canada, qui n'exerce aucune influence sur l'établissement des prix mondiaux. Comme une variation de la productivité affecte les coûts unitaires de main d'oeuvre et par le fait même les prix relatifs intérieurs, il est possible que l'ajustement nécessaire suite à ces mouvements de prix relatifs passe en partie par un ajustement du taux de change nominal, atténuant ainsi les effets réels[3]. Par exemple, un choc négatif affectant la croissance de la productivité dans un secteur soumis à la concurrence internationale pourra se répercuter par une dépréciation du taux change nominal, de manière à ce que la baisse du prix des produits canadiens sur les marchés mondiaux qui résulte de la dépréciation compense en partie la perte de compétitivité des firmes canadiennes.

Quant à la relation inverse, à savoir l'impact d'un *régime* de taux de change flexibles sur la productivité, on peut noter *a priori* deux canaux possibles par lesquels un régime de taux de change flexibles peut affecter la productivité : (1) la volatilité inhérente à un tel régime et (2) la variation (appréciation ou dépréciation) du taux de change. La volatilité du taux de change a essentiellement sur la productivité un impact qui s'exerce par le biais de l'incertitude associée au taux de change d'équilibre, ce qui peut induire une hausse du coût du capital (augmentation de la prime de risque) et par conséquent une utilisation moins intensive du capital. Krugman (1989) montre de plus que l'incertitude reliée à la volatilité du taux de change peut avoir un impact négatif sur l'investissement. Dans un tel contexte d'incertitude, certains projets d'investissement

3. Cet effet sera d'encore plus important dans un contexte de rigidités nominales importantes.

peuvent être retardés ou carrément annulés[4]. Sous l'hypothèse d'un rendement marginal décroissant du travail, la baisse du ratio capital-travail qui en résulte se traduit par une baisse de la productivité du travail.

Quant aux effets *de niveau* du taux de change sur la productivité, plusieurs raisons ont été avancées. D'une part, pour une économie qui importe beaucoup de machinerie et de matériel de haute technologie, une appréciation du taux de change fait baisser le prix relatif de ces biens, ce qui fait augmenter le taux d'utilisation du capital et favorise par le fait même la productivité du travail. D'autre part, les fluctuations du taux de change peuvent affecter la productivité par l'intermédiaire de la mobilité attendue des ressources productives inhérente aux changements de prix relatifs. Par exemple, une dépréciation du taux de change résultant d'un choc négatif affectant particulièrement le secteur des exportations aura pour effet de transférer des ressources du secteur relativement plus affecté par le choc négatif vers d'autres secteurs plus rentables de l'économie. Sous l'hypothèse standard d'une productivité marginale décroissante, la hausse de l'emploi dans ces secteurs plus rentables a pour effet d'y diminuer la productivité et les salaires réels.

Une autre théorie souvent mentionnée est celle voulant qu'une dépréciation, en rendant les firmes intérieures plus compétitives sur les marchés internationaux, diminue les incitations à augmenter la productivité. Inversement, l'intensification de la concurrence exerce une pression à la baisse sur les coûts de production, réduit l'inertie des entreprises et crée un environnement favorable à l'éclosion d'innovations. De ce fait, la dépréciation du taux de change canadien depuis près de 30 ans aurait pu contribuer au ralentissement de la croissance de la productivité du travail au Canada en surprotégeant nos entreprises face à la concurrence internationale, atténuant ainsi leurs incitations à accroître leur efficacité. Cependant, si on croit qu'un taux de change flexible permet essentiellement au taux de change réel de maintenir sur le plan interne l'équilibre entre la demande et l'offre globales, il est fort probable qu'une dépréciation du taux de change serait la réponse appropriée face à un choc négatif quelconque. Par conséquent, un mouvement du taux de change réel ne signifie pas que les firmes intérieures profitent d'une hausse soudaine de leur rentabilité; la baisse du taux de change d'équilibre vise plutôt à atténuer toute baisse potentielle de l'activité économique résultant d'un choc négatif. Il est par ailleurs difficile de voir comment une devise surévaluée, dans un contexte où les facteurs économiques fondamentaux sont anémiques, pourrait encourager les entreprises à accroître leur productivité. Sans doute dans une telle situation, ces entreprises chercheraient à réduire leurs coûts de production. Mais cette réduction

4. La théorie classique de l'investissement concerne essentiellement la structure de décision à deux volets: investir – ne pas investir. Or, en contexte d'incertitude, Dixit et Pindyck (1994) ont élaboré une théorie de l'investissement dans laquelle apparaît plutôt la structure suivante, qui comporte trois volets : investir – ne pas investir – attendre.

viendrait vraisemblablement de compressions au niveau des salaires et de l'emploi plutôt que de la croissance de la productivité. En fait, la productivité n'augmente que très rarement en période de contraction économique, principalement du fait que les coûts reliés à la formation et au licenciement encouragent les entreprises à garder leur main-d'oeuvre pendant les récessions [Okun (1973)][5].

Productivité relative du secteur canadien de la fabrication et taux de change Canada-États-Unis

3. Résultats empiriques

Comme il a été mentionné dans l'introduction, McCallum (1999) montre que l'évolution du taux de change nominal est un bon indicateur avancé du différentiel de productivité par rapport aux États-Unis, ce qui tend à appuyer la thèse voulant qu'un dollar faible nuise au bon maintien de la productivité au Canada[6]. Plus précisément, les résultats avancés par McCallum indiquent qu'une

5. Voir Laidler (1999) pour une discussion plus approfondie de cette question.

dépréciation du taux de change canadien de 10 % tend à être accompagnée, dans un délai de deux ans, d'une baisse relative de 7 % de la productivité du secteur de la fabrication au Canada. Bien que convaincante d'un point de vue visuel (voir Graphique), cette conjecture mérite toutefois un traitement statistique plus adéquat, allant au-delà d'une simple analyse de corrélation[7]. Le cadre d'analyse empirique utilisé à cette fin s'inspire des relations issues du modèle proposé par Balassa et Samuelson. Ce modèle prend comme point de départ la relation explicite liant le taux de change réel au prix relatif des biens échangeables et non échangeables, qui résulte de la définition suivante du taux de change réel[8] :

$$q \equiv S + P^* - P, \tag{1}$$

où P et P^* représentent respectivement le niveau des prix pour l'économie intérieure et étrangère et S le taux de change nominal. On peut subdiviser ces indices de prix entre biens échangeables et non échangeables :

$$P = \alpha P_T + (1-\alpha)P_N \text{ et } P^* = \beta P_T^* + (1-\beta)P_N^* , \tag{2}$$

où α et β représentent les parts respectives des biens échangeables dans chacune des deux économies. De ces équations est dérivée l'équation de taux de change réel à la base de la théorie de Balassa et Samuelson

$$q = [S + P_T^* - P_T] + [\alpha(P_T - P_N) - \beta(P_T^* - P_N^*)]. \tag{3}$$

Le modèle Balassa-Samuelson suppose l'hypothèse de parité de pouvoir d'achat pour les biens échangeables ($S = P_T - P_T^*$) et l'équation (3) devient

$$q = \alpha(P_T - P_N) - \beta(P_T^* - P_N^*). \tag{4}$$

---

6. La majorité des études portant sur la relation entre le taux de change et la productivité utilisent le taux de change réel plutôt que nominal. Mais comme ces deux dernières variables sont fortement corrélées, il est vraisemblable que l'analyse effectuée par McCallum conduirait aux mêmes conclusions si elle était effectuée en fonction du taux de change réel.
7. Compte tenu de peu de robustesse associé à la corrélation entre deux variables si on ne tient pas compte de certaines variables intermédiaires, une analyse de corrélation partielle serait à tout le moins plus appropriée. De plus, il est hautement probable que la corrélation calculée par McCallum s'avère inadéquate dans la mesure où les variables sont visiblement non stationnaires [Granger et Newbold (1974)].
8. Toutes les variables sont exprimées sous forme logarithmique.

De ces équations, on peut isoler aisément deux sources potentielles de mouvements du taux de change réel : le non-respect de la parité du pouvoir d'achat pour les biens échangeables et/ou un mouvement quelconque du prix relatif des biens non échangeables, deux phénomènes causés essentiellement par des chocs d'offre ou de demande. La thèse de Balassa-Samuelson est à l'effet que les variations du prix relatif des biens non échangeables proviennent d'innovations technologiques affectant la productivité. Ainsi, dans un monde où s'exerce une concurrence sur le marché des biens et des facteurs, les prix des biens tendent à refléter les coûts unitaires de main d'oeuvre, soit :

$$P_i = w - a_i \quad \text{et} \quad P^*_i = w^* - a^*_i \ , \qquad i = T, N, \tag{5}$$

où a_i représente la productivité du travail dans chacun des secteurs et w le salaire nominal[9]. Sous de telles hypothèses, l'équation (4) devient alors

$$q = \alpha(a_N - a_T) - \beta(a^*_N - a^*_T). \tag{6}$$

Cette équation est au coeur de la théorie de Balassa et Samuelson. Comme la productivité du secteur des biens non échangeables est relativement stable, on restreint souvent cette équation uniquement au secteur des biens échangeables[10]. Il en résulte alors une relation liant directement les mouvements du taux de change réel à l'évolution du ratio de la productivité observé dans le secteur des biens échangeables. Du point de vue empirique, plusieurs études ont effectivement validé une telle relation [parmi les plus connues, Hsieh (1982) et Marston (1990)].

Mais, comme il a été mentionné précédemment, il est important de se rappeler que d'autres types de chocs (non reliés aux innovations technologiques) peuvent être à la source des fluctuations du prix relatif des biens non échangeables. Ainsi, Rogoff (1992) a généralisé le modèle de Balassa-Samuelson pour y inclure des éléments de la demande globale. Par exemple, il montre que l'importance de la taille de l'État, mesurée par le ratio des dépenses publiques au PIB, est un facteur important dans la détermination du taux de change réel. Ce résultat provient du fait qu'une hausse des dépenses publiques a tendance à affecter principalement le secteur des biens non échangeables, d'où l'effet sur leurs prix relatifs et conséquemment sur le taux de change réel.

Plusieurs études empiriques ont examiné la relation entre la productivité et le taux de change réel à la lumière du modèle de Balassa-Samuelson. Canzoneri et coll. (1999) ont testé les

9. Le salaire est identique à l'intérieur de chaque pays, car on suppose que les travailleurs sont mobiles entre les secteurs, mais non entre les pays.

10. Cette simplification exige en outre que le poids des parts respectives des biens échangeables dans chacune des deux économies soit identique.

deux composantes du modèle de Balassa-Samuelson séparément, à savoir d'une part la parité du pouvoir d'achat pour les biens échangeables et, d'autre part, le lien qui unit le ratio de productivité au prix relatif des biens non échangeables [voir l'équation (5)]. Ces auteurs concluent à l'existence d'une relation significative (cointégration) entre le différentiel de productivité et le prix relatif des biens non échangeables, mais rejettent la parité du pouvoir d'achat pour les biens échangeables. Ce serait donc la non-parité pour les biens échangeables qui porterait à rejeter le modèle de Balassa-Samuelson. Engel (1999) arrive à la même conclusion selon laquelle les mouvements observés du taux de change réel sont principalement dus à la non-parité du pouvoir d'achat pour les biens échangeables, ce qui ne laisse presque aucun pouvoir explicatif au prix relatif des biens non échangeables.

Toutefois, et contrairement à Engel, certaines études ont confirmé l'importance du prix relatif des biens non échangeables dans la dynamique du taux de change réel et du ratio de productivité. À l'aide de mesures différentes du prix relatif des biens non échangeables, Kakkar et Ogaki (1999) ont observé pour plusieurs relations bilatérales (y compris la relation Canada-États-Unis) une évolution conjointe du prix relatif des biens non échangeables et du taux de change réel. Strauss (1999) arrive à une conclusion similaire en intégrant les variables auxiliaires au modèle de Balassa-Samuelson-Rogoff (ratio de productivité et/ou taille de l'État). En effet, il trouve un lien significatif entre le prix relatif des biens non échangeables et le taux de change réel, mais la relation s'avère beaucoup moins significative entre le différentiel de productivité et le taux de change réel. À l'aide de tests de causalité à la Granger, Strauss montre beaucoup de simultanéité dans les relations entre la productivité, le prix des biens non échangeables et le taux de change réel, ce qui le porte à conclure que la productivité n'est pas déterminée uniquement par des facteurs exogènes, mais peut être aussi affectée par des mouvements de prix reliés au commerce international ou à la politique monétaire. Il est intéressant de noter que, pour le cas spécifique de la relation controversée du taux de change réel vers la productivité, elle s'avère significative pour l'ensemble des pays considérés *à l'exception* du Canada.

Deux conclusions importantes se dégagent de ces études empiriques. D'une part, le prix relatif des biens non échangeables constitue une variable importante par laquelle peut passer la relation entre le ratio de la productivité et le taux de change réel, d'où la nécessité de l'inclure dans toute analyse empirique reliée à cette problématique. D'autre part, bien qu'on puisse accepter plus facilement la thèse de Balassa-Samuelson pour certaines paires de pays importants (États-Unis et Japon, par exemple), les résultats peuvent être sensiblement différents d'un pays à l'autre. Lafrance et Schembri (2000) discutent de ce point pour le cas spécifique du Canada et mentionnent à cet égard comme cause possible la forte dépendance du taux de change réel canadien au prix des produits de base. Compte tenu de ces deux points, nous nous concentrons dans ce travail

sur la dynamique liant le taux de change réel à la productivité au Canada et accordons une attention particulière à la robustesse des résultats selon différents ensembles d'information.

L'analyse empirique s'effectuera à l'aide du concept de causalité à la Granger (1969). Bien qu'on utilise souvent des méthodologies reliées à la cointégration[11] pour tester les implications de Balassa-Samuelson [Canzoneri et coll. (1999), Kakkar et Ogaki (1999), Strauss (1999)], la notion de causalité véhicule davantage d'information dans la mesure où elle indique le sens de la relation dynamique entre deux variables, ce qui implique, dans le cas précis de ce modèle, que la relation de causalité doit aller de la productivité vers le taux de change[12]. Le concept de causalité à la Granger est défini en termes de prévisibilité et sert à estimer dans quelle mesure le contenu informationnel d'une variable aide à améliorer la prévision d'une autre. Plus précisément, on dira qu'une variable x cause (à la Granger) la variable y si l'ajout de x dans le système d'information utilisé pour la modélisation de y en améliore la prévision. La majorité des tests de causalité s'effectuent à partir de modèles VAR dans lesquels on teste la nullité d'un sous-ensemble de paramètres associés à la relation étudiée. Comme cette notion de causalité est conditionnelle à l'ensemble d'informations, il est important de s'assurer que cet ensemble est le plus complet possible. À cet effet, Lütkepohl (1982) montre qu'une erreur de spécification provenant d'un manque de variables significatives peut faire disparaître des liens causals significatifs et, inversement, faire apparaître de fausses relations. Dans le contexte précis du modèle de Balassa-Samuelson, le point soulevé par Lütkepohl signifie que tout ensemble d'informations incluant uniquement le taux de change et la productivité conduit *a priori* à des tests de causalité mal spécifiés, compte tenu de l'importance théorique et empirique du prix relatif des biens non échangeables. Il importe donc de porter une attention particulière à la sensibilité des tests de causalité à différents ensembles de variables.

Dans le cadre de systèmes comprenant un ensemble de variables non stationnaires et potentiellement cointégrés, l'inférence reliée aux tests de causalité est régie par une théorie asymptotique très irrégulière, selon laquelle les valeurs critiques habituelles ne sont valides que sous certaines conditions très précises [Sims, Stock et Watson (1990), Phillips et Toda (1994)][13]. Or, certains travaux récents ont montré qu'à l'intérieur de modèles VAR estimés en niveau, il y

---

11. Les concepts de cointégration et de causalité à la Granger demeurent tout de même liés au fait que la causalité à la Granger est une condition nécessaire à l'existence d'une relation de cointégration.
12. Dans son analyse, McCallum utilise implicitement le raisonnement intuitif à la base de cette méthodologie, sans toutefois effectuer de tests formels.
13. En l'absence de relations de cointégration, on peut effectuer les tests de causalité à l'intérieur de VAR avec des variables en différence première, auquel cas la théorie asymptotique usuelle est tout à fait appropriée.

avait lieu de tester la causalité à l'aide des méthodes standards sans se préoccuper de la présence de relations de cointégration[14]. À cet effet, Yamamoto et Toda (1995) proposent la procédure suivante : sous l'hypothèse d'un modèle VAR(p) d'ordre fini et possiblement cointégré, on peut tester la causalité selon les critères habituels à condition d'estimer un modèle VAR(p+1), ce qui fait disparaître le problème de singularité associé à la matrice de variance dans un contexte de cointégration. Il est important de noter que le fait d'estimer un modèle comptant trop de paramètres est asymptotiquement invariant, mais conduit à une puissance plus faible en échantillon fini [voir Yamada et Toda (1998) pour des résultats de simulations].

Soit $x_t = (x_{1t}, ..., x_{Nt})'$, un vecteur de variables pour lequel on estime un modèle autorégressif multivarié (VAR) d'ordre p :

$$x_t = \sum_{k=1}^{p} \Pi_k x_{t-k} + u_t, \tag{7}$$

où u_t représente l'innovation du processus. L'hypothèse nulle à tester, H_0: $x_{it} \not\to x_{jt}$, se caractérise par les contraintes suivantes :

$$\pi_{ji,k} = 0 \ , \quad k = 1,..., p, \tag{8}$$

où $\pi_{ji,k}$ est l'élément ji associé à la matrice Π_k. La statistique utilisée pour calculer le niveau de signification est celle du rapport de vraisemblance, défini par

$$\lambda_{LR} = 2[L(\hat{\Pi}) - L(\hat{\Pi}^0)], \tag{9}$$

où $L(\hat{\Pi})$ représente le logarithme de la vraisemblance du modèle sans contraintes et $L(\hat{\Pi}^0)$, le logarithme de la vraisemblance lorsque le modèle est estimé sous les contraintes de non-causalité. Sous l'hypothèse nulle, la statistique λ_{LR} est distribuée $\chi^2(p)$, où p correspond à l'ordre du VAR.

Afin d'éviter autant que possible un choix arbitraire de variables, la sélection de celles-ci s'est faite sur la base du modèle défini précédemment [équations (4) et (6)]. De ces relations, on peut conclure que le différentiel de productivité, le prix relatif des biens non échangeables et le taux de change réel sont intimement liés. De plus, suivant l'extension de Rogoff (1992), la taille de l'État semble être un élément explicatif potentiel. Enfin, comme on s'intéresse au cas spécifique

14. Ce point est particulièrement intéressant compte tenu du peu de robustesse associé aux tests de cointégration.

Canada-États-Unis, l'inclusion du prix des produits de base sera aussi un élément à considérer dans l'ensemble d'informations, compte tenu de son importance dans l'explication de la dynamique du taux de change réel [Amano et van Norden (1995), Djoudad et Tessier (2000)].

Comme l'exige la procédure décrite précédemment, le modèle VAR est estimé avec les variables en niveau et la spécification est effectuée selon le critère d'Akaike. L'échantillon considéré est trimestriel et s'étend du 1er trimestre de 1972 au 2e trimestre de 1999, soit la période des taux de change flexibles. Les résultats figurant aux Tableaux 1, 2 et 3 correspondent aux risques de première espèce associés aux différents tests de causalité.

Avant d'analyser les résultats à l'intérieur d'un cadre multivarié, je présente les résultats de tests de causalité issus du système bivarié avec lequel sont souvent effectuées de telles analyses [McCallum (1999)]. Tel qu'anticipé par le Graphique 1, le test de causalité tend à confirmer la thèse de McCallum selon laquelle les mouvements du taux de change réel ont un effet significatif sur la dynamique future du ratio de productivité. Plus précisément, le lien de causalité entre le taux de change réel et le ratio de productivité présente un risque de première espèce de 8,1 %. Cette relation est bilatérale dans la mesure où on trouve un lien de causalité significatif allant du ratio de productivité vers le taux de change réel (*risque de première espèce* 4,4 %), confirmant en ce sens l'hypothèse de Balassa-Samuelson. Mais comme il a été mentionné précédemment, ce système à deux variables risque d'être mal spécifié à cause de l'oubli de variables importantes et on verra subséquemment la robustesse de ces résultats.

Nous allons considérer dans un premier temps un système trivarié comprenant les variables qui sont au coeur du modèle de Balassa-Samuelson, soit le taux de change réel[15] (q), le différentiel de productivité du travail dans le secteur de la fabrication ($a = a_T - a^*_T$) et le prix relatif des biens non échangeables. Compte tenu de l'importance de cette variable et du peu de consensus existant sur la définition la plus appropriée possible, deux mesures seront utilisées. L'une d'elles est définie en fonction de l'indice des prix à la consommation et est utilisée dans Canzoneri et coll. (1999). L'autre, qui est une mesure plus large, est définie en fonction du dégonfleur associé aux dépenses de consommation dans la demande globale et est utilisée dans Kakkar et Ogaki (1999). Dans les deux cas, le prix relatif des biens non échangeables est défini comme le ratio de l'indice des prix des services à l'indice des prix des biens manufactures [voir l'Annexe I pour une description plus détaillée]. Plusieurs études incluent comme prix des biens non échangeables la variable relative entre les deux pays, soit $p - p^* = (P_T - P_N) - (P^*_T - P^*_N)$. Mais

15. Tout au long de l'étude empirique qui suit, le taux de change réel est calculé en fonction du dégonfleur du PIB.

une telle définition n'est peut-être pas tout à fait appropriée si les parts respectives des biens échangeables dans chacune des deux économies n'ont pas le même poids. Comme solution de remplacement, on pourrait aussi inclure le prix relatif des biens non échangeables de manière séparée en fonction de chacune des deux économies.

Les Tableaux 1 et 2 présentent les résultats de tests de causalité selon ces différentes approches (deux définitions de prix relatifs et prise en compte commune ou séparée entre pays). De manière systématique, l'ajout du prix relatif des biens non échangeables fait complètement disparaître les relations observées pour le système bivarié entre la productivité et le taux de change réel, confirmant en ce sens le risque d'une spécification erronée lorsqu'on omet des variables importantes [Lütkepohl (1982)].

À la différence du passage d'un système de deux à trois variables, le passage d'un système de trois à quatre ou cinq variables présente beaucoup plus de robustesse. Les Tableaux 3, 4 et 5 présentent les résultats de tests de causalité pour les mêmes variables du Tableau 1, mais on a ajouté à l'ensemble d'informations le prix des produits de base (Tableau 3), la taille de l'État (Tableau 4) et ces deux variables simultanément (Tableau 5)[16]. Pour tous ces ensembles d'information, on voit que la relation comme telle entre la productivité et le taux de change réel se révèle tout aussi non significative que dans le système à trois variables, confirmant ainsi l'aspect unique au Canada de l'absence de relation allant du taux de change réel vers le différentiel de productivité.

Contrairement à ce qui se passe avec le modèle à trois variables, la relation de causalité de la productivité vers le prix des biens non échangeables devient non significative. Cette observation est intéressante et nous force à conclure comme Strauss que la thèse de Balassa-Samuelson ne semble pas être supportée par les données. Par contre, la relation de causalité du taux de change réel vers le prix des biens non échangeables semble robuste et significative pour tous les modèles considérés, ce que corroborent les résultats obtenus par Strauss (1999) pour la majorité des pays considérés par l'auteur. On peut interpréter un tel résultat comme l'ajustement graduel des prix relatifs résultant de mouvements de taux de change nominaux de manière à rétablir dans une certaine mesure la parité du pouvoir d'achat pour les biens échangeables. On peut de plus observer un lien de causalité significatif allant de la taille de l'État vers le taux de change réel, ce qui supporte la thèse de Rogoff (1992). Enfin, les résultats tendent à faire apparaître une relation de causalité significative du prix des produits de base vers le prix relatif des biens non échangeables, et de ceux-ci vers le différentiel de productivité. Cela confirme en un sens l'importance pour l'éco-

16. Comme il n'y a pas de différences significatives entre la prise en compte conjointe ou séparée du prix relatif des biens non échangeables, seule la prise en compte conjointe sera retenue, de telle sorte que toutes les variables seront dorénavant exprimées en termes relatifs entre les deux pays.

nomie canadienne du prix des produits de base et de son impact potentiel sur les mouvements des facteurs de production (et par la suite sur la productivité), ce qui pourrait expliquer en partie l'absence du taux de change réel dans la dynamique de la productivité.

4. Conclusion

L'objectif poursuivi dans ce travail consistait à étudier les liens empiriques liant le taux de change réel à la productivité relative entre le Canada et les États-Unis, en portant une attention particulière au degré de robustesse obtenu avec des ensembles d'information différents. Les résultats révèlent l'existence d'un lien de causalité significatif entre la productivité et le taux de change dans un cadre bivarié, mais ces relations s'avèrent totalement non significatives dès qu'on enrichit l'ensemble d'informations. Il est alors faux de prétendre que la plus faible croissance de la productivité au Canada serait due à une dépréciation du taux de change. Un tel résultat provient essentiellement de l'erreur de spécification inhérente au problème des variables manquantes, qui a été mis en lumière par Lütkepohl (1982) dans le contexte des tests de causalité. Les résultats indiquent de plus que, pour le cas spécifique canadien, des variables comme la taille de l'État ou le prix des produits de base semblent particulièrement importants. Le concept de causalité à la Granger limite toutefois l'analyse dans la mesure où on ne peut pas identifier le signe des effets afin de s'assurer que les liens observés vont dans le sens de l'hypothèse proposée[17]. Pour ce faire, il faut renoncer à travailler avec une forme réduite (comme c'est le cas pour l'analyse effectuée dans ce travail) et tenter d'identifier explicitement une forme structurelle. L'analyse empirique retenue dans le cadre de ce travail pourrait désormais servir de résultats préliminaires à un tel exercice.

17. Cette difficulté d'interprétation n'est cependant pas unique au concept de causalité à la Granger. Par exemple, Wickens (1996) discute des conditions nécessaires, très restrictives, d'une interprétation structurelle adéquate des coefficients issus d'une relation de cointégration.

Tableau 1
Modèle à trois variables (prix des biens non échangeables conjoint)

H_0	**Risque de première espèce, en pourcentage**
	Prix selon le dégonfleur des dépenses de consommation
$q \not\rightarrow p - p^*$ [a]	0,4
$q \not\rightarrow a$	13,3
$a \not\rightarrow p - p^*$	2,0
$a \not\rightarrow q$	9,5
$p - p^* \not\rightarrow q$	23,0
$p - p^* \not\rightarrow a$	54,9
	Prix selon l'indice des prix à la consommation
$q \not\rightarrow p - p^*$	12,6
$q \not\rightarrow a$	48,1
$a \not\rightarrow p - p^*$	24,8
$a \not\rightarrow q$	59,5
$p - p^* \not\rightarrow q$	35,5
$p - p^* \not\rightarrow a$	34,4

a. q: taux de change réel; p-p^*: différentiel du prix relatif des biens non-échangeables; a: différentiel de productivité du travail dans le secteur manufacturier.

Tableau 2
Modèle à quatre variables (prix des biens non échangeables séparé)

H_0	**Risque de première espèce, en pourcentage**
	Prix selon le dégonfleur des dépenses de consommation
$q \not\mapsto p$ [a]	1,6
$q \not\mapsto a$	34,4
$a \not\mapsto p$	0,3
$a \not\mapsto q$	27,9
$p \not\to q$	85,1
$p \not\to a$	31,9
	Prix selon l'indice des prix à la consommation
$q \not\mapsto p$	19,7
$q \not\mapsto a$	61,4
$a \not\mapsto p$	5,8
$a \not\mapsto q$	36,5
$p \not\to q$	8,0
$p \not\to a$	67,3

a. *q*: taux de change réel; *p:* prix relatif des biens non-échangeables; *a*: différentiel de productivité du travail dans le secteur manufacturier.

Tableau 3
Modèle à quatre variables incluant le prix des produits de base

H_0	**Risque de première espèce, en pourcentage**
	Prix selon le dégonfleur des dépenses de consommation
$q \not\rightarrow p - p^*$ [a]	1,0
$q \not\rightarrow a$	17,6
$a \not\rightarrow p - p^*$	20,3
$a \not\rightarrow q$	20,4
$p - p^* \not\rightarrow q$	64,0
$p - p^* \not\rightarrow a$	42,8
$b \not\rightarrow q$	94,9
$b \not\rightarrow a$	36,1
$b \not\rightarrow p - p^*$	4,7
	Prix selon l'indice des prix à la consommation
$q \not\rightarrow p - p^*$	9,4
$q \not\rightarrow a$	62,6
$a \not\rightarrow p - p^*$	32,6
$a \not\rightarrow q$	49,8
$p - p^* \not\rightarrow q$	59,7
$p - p^* \not\rightarrow a$	38,7
$b \not\rightarrow q$	26,7
$b \not\rightarrow a$	62,0
$b \not\rightarrow p - p^*$	9,5

a. q: taux de change réel; p-p^*: différentiel du prix relatif des biens non-échangeables; a: différentiel de productivité du travail dans le secteur manufacturier; b: prix réel des produits de base.

Tableau 4
Modèle à quatre variables incluant la taille de l'État

H_0	**Risque de première espèce, en pourcentage**
	Prix selon le dégonfleur des dépenses de consommation
$q \not\mapsto p - p^*$ [a]	0,5
$q \not\mapsto a$	11,7
$a \not\mapsto p - p^*$	16,9
$a \not\mapsto q$	24,9
$p - p^* \not\mapsto q$	67,7
$p - p^* \not\mapsto a$	26,6
$g \not\mapsto q$	6,6
$g \not\mapsto a$	45,3
$g \not\mapsto p - p^*$	64,7
	Prix selon l'indice des prix à la consommation
$q \not\mapsto p - p^*$	10,9
$q \not\mapsto a$	26,4
$a \not\mapsto p - p^*$	12,1
$a \not\mapsto q$	23,2
$p - p^* \not\mapsto q$	37,2
$p - p^* \not\mapsto a$	0,9
$g \not\mapsto q$	9,5
$g \not\mapsto a$	89,8
$g \not\mapsto p - p^*$	5,6

a. q: taux de change réel; p-p^*: différentiel du prix relatif des biens non-échangeables; a: différentiel de productivité du travail dans le secteur manufacturier; g: différentiel de taille de l'état.

Tableau 5
Modèle à cinq variables

H_0	**Risque de première espèce, en pourcentage**	
	Prix selon l'indice des prix à la consommation	Prix selon le dégonfleur des dépenses de consommation
$q \not\to p - p^*$ [a]	6,6	1,6
$q \not\to a$	37,6	10,6
$a \not\to p - p^*$	27,2	12,2
$a \not\to q$	16,4	20,7
$p - p^* \not\to q$	24,8	7,4
$p - p^* \not\to a$	0,1	5,2
$g \not\to q$	5,1	0,5
$g \not\to a$	0,4	11,5
$g \not\to p - p^*$	70,2	57,2
$b \not\to q$	60,6	9,4
$b \not\to a$	3,1	9,1
$b \not\to p - p^*$	24,6	4,1

a. q: taux de change réel; p-p^*: différentiel du prix relatif des biens non-échangeables; a: différentiel de productivité du travail dans le secteur manufacturier; g: différentiel de taille de l'état; b: prix réel des produits de base.

Bibliographie

Amano, R. et S. van Norden (1995). « Terms of Trade and Real Exchange Rate: the Canadian Evidence », *Journal of International Money and Finance,* vol. 14, p. 83–104.

Balassa, B. (1964). « The Purchasing Power Parity Doctrine: A Reppraisal », *Journal of Political Economy* 72, p. 584–596.

Canzoneri, M.B., R.E. Cumby et B. Diba (1999). « Relative Labor Productivity and the Real Exchange Rate in the Long Run: Evidence for a Panel of OECD Countries », *Journal of International Economics*, vol. 47, p. 245–266.

Dixit, A. et R. Pindyck (1994). « *Investment Under Uncertainty* », Princeton University Press.

Djoudad, R. et D. Tessier (2000), « Quelques résultats empiriques relatifs à l'évolution du taux de change Canada/États-Unis », document de travail, Banque du Canada, n° 2000–4.

Evans, C. (1999). « Accounting for U.S. Real Exchange Rate Change », *Journal of Political Economy*, vol. 107, p. 507–538.

Granger, C. (1969). « Investigating Causal Relations by econometric Models and Cross-Spectral Methods », *Econometrica*, vol. 37, p. 424–438.

Granger, C. et P. Newbold (1974). « Spurious Regressions in Econometrics », *Journal of Econometrics*, vol. 2, p. 111–120.

Guilkey D.K. et M.K. Salemi (1982). « Small Sample Properties of Three Tests for Granger Causal Ordering in a Bivariate Stochastic System », *Review of Economics and Statistics*, vol. 64, p. 562–571.

Hsieh, D.A. (1982), « The Determination of the Real Exchange Rate: The Productivity Approach », *Journal of International Economics*, vol. 12, p. 355–362.

Kakkar V. et M. Ogaki (1999). « Real Exchanges Rates and Nontradables: A Relative Price Approach », *Journal of Empirical Finance*, vol. 6, p. 193–215.

Krugman, P. (1989). « *Exchange Rate Instability* », MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Lafrance, R. et L. Schembri (1999–2000). « Le taux de change, la productivité et le niveau de vie », *Revue de la Banque du Canada* (hiver), p. 17–30

Laidler, D. (1999). « The Exchange Rate Regime and Canada's Monetary Order », document de travail, Banque du Canada, n° 99–7.

Lütkepohl, H. (1982). « Non-causality Due to Omitted Variables », *Journal of Econometrics*, vol. 19, p. 367–378.

McCallum, J. (1999). « Seven Issues in the Choice of Exchange Rate Regime for Canada », *Royal Bank of Canada Current Analysis* (février).

McCallum, J. (2000). « Engaging the Debate: Costs and Benefits of a North American Common Currency », *Royal Bank of Canada Current Analysis* (mars).

Nickell, S.J. (1996). « Competition and Corporate Performance », *Journal of Political Economy*, vol. 104, p. 724–746.

Okun, A. (1973). « Upward Mobility in a High-Pressure Economy », *Brookings Paper on Economic Activity* (1).

Rogoff, K. (1992). « Traded Goods Consumption Smoothing and the Random Walk Behavior of the Real Exchange Rate », *Bank of Japan Monetary and Economic Studies*, vol. 10, p. 1–29.

Samuelson, P. (1964). « Theoretical Notes on Trade Problems », *Review of Economics and Statistics*, vol. 46, p. 145–154.

Sims, C.A., J.H. Stock, et M.W. Watson, (1990). « Interference in Linear Time Series Models with some Unit Roots », *Econometrica*, vol. 58 (1), p. 13–144.

Strauss, J. (1999). « Productivity Differentials, the Relative Prices and Real Exchange Rates », *Journal of International Money and Finance*, vol. 18, p. 383–409.

Toda, H.Y., et P.C.B. Phillips (1994). « Vector Autoregression and Causality: A Theoretical Overview and Simulation Study », *Econometric Reviews*, vol. 13, p. 259–285.

Toda, H.Y., et T. Yamamoto (1995). « Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes », *Journal of Econometrics*, vol. 66, p. 225–250.

Yamada, H. et H.Y. Toda (1998), « Inference in Possibly Integrated Vector Autoregressive Models: Some Finite Sample Evidence », *Journal of Econometrics*, vol. 86, p. 55–95.

Annexe A

Sources de données

Déflateur du PIB, Canada : Statistique Canada (d15612); États-Unis : Data Ressources Incorporated.

PIB canadien : Statistique Canada (d14816)

PIB américain : Data Ressources Incorporated

Productivité (Production par heure dans le secteur de la fabrication) au Canada : Statistique Canada aux États-Unis : Data Ressources Incorporated

Indice des prix de matières premières hors énergie : Statistique Canada (b3301)

Indice des prix de l'énergie : Statistique Canada (b3302)

Indice des prix à la consommation[1] au Canada et aux États-Unis : OCDE

Dégonfleur associé aux dépenses de consommation[2] au Canada : Statistique Canada; États-Unis : Data Ressources Incorporated

Taux de change Canada–États-Unis : Banque du Canada

Dépenses publiques [Dépenses – Ventes de biens et services – Paiements d'intérêts sur la dette] en proportion du PIB au Canada : Statistique Canada [d15056 – d15055 – d15062] / d14816; États-Unis : Data Ressources Incorporated

1. Biens échangeables : biens excluant les aliments; non-échangeables : services moins les rentes.
2. Biens échangeables : biens; non échangeables : services.

Documents de travail de la Banque du Canada
Bank of Canada Working Papers

Les documents de travail sont publiés généralement dans la langue utilisée par les auteurs; ils sont cependant précédés d'un résumé bilingue. **Working papers are generally published in the language of the author, with an abstract in both official languages.**

2000

2000-21	Effets réels du cours des actions sur la consommation	L. Pichette
2000-20	Steps in Applying Extreme Value Theory to Finance: A Review	Y. Bensalah
2000-19	Le modèle USM d'analyse et de projection de l'économie américaine	R. Lalonde
2000-18	Inflation and the Tax System in Canada: An Exploratory Partial-Equilibrium Analysis	B. O'Reilly and M. Levac
2000-17	A Practical Guide to Swap Curve Construction	U. Ron
2000-16	Volatility Transmission Between Foreign Exchange and Money Markets	S.K. Ebrahim
2000-15	Private Capital Flows, Financial Development, and Economic Growth in Developing Countries	J.N. Bailliu
2000-14	Employment Effects of Nominal-Wage Rigidity: An Examination Using Wage-Settlements Data	U.A. Faruqui
2000-13	Fractional Cointegration and the Demand for M1	G. Tkacz
2000-12	Price Stickiness, Inflation, and Output Dynamics: A Cross-Country Analysis	H. Khan
2000-11	Identifying Policy-makers' Objectives: An Application to the Bank of Canada	N. Rowe and J. Yetman
2000-10	Probing Potential Output: Monetary Policy, Credibility, and Optimal Learning under Uncertainty	J. Yetman
2000-9	Modelling Risk Premiums in Equity and Foreign Exchange Markets	R. Garcia and M. Kichian
2000-8	Testing the Pricing-to-Market Hypothesis: Case of the Transportation Equipment Industry	L. Khalaf and M. Kichian
2000-7	Non-Parametric and Neural Network Models of Inflation Changes	G. Tkacz
2000-6	Some Explorations, Using Canadian Data, of the *S*-Variable in Akerlof, Dickens, and Perry (1996)	S. Hogan and L. Pichette
2000-5	Estimating the Fractional Order of Integration of Interest Rates Using a Wavelet OLS Estimator	G. Tkacz

Pour obtenir des exemplaires et une liste complète des documents de travail, prière de s'adresser à :
Copies and a complete list of working papers are available from:

Diffusion des publications, Banque du Canada
234, rue Wellington, Ottawa (Ontario) K1A 0G9

Publications Distribution, Bank of Canada
234 Wellington Street, Ottawa, Ontario K1A 0G9

Adresse électronique / E-mail: publications@bankofcanada.ca
WWW: http://www.bankofcanada.ca/